9.-¿Para qué y cómo se utiliza la luz?

La importancia de la luz es que apartir de su captación en forma de energía luminosa esta es transformda en energia quimica que es utilizada en la conversion de materia inorganica (CO2 y H2O), en materia organica que contiene parte de la energia capturada. La fotosintesis es posible gracias a la existencia de unas moleculas especiales, denominadas **pigmentos fotosintéticos,** capaces de captar la energía luminosa. La capacidad de una molécula para absorber la luz depende del ordenamiento delos electrones alrededor de los núcleos atómicos en su estructura. Cuando uno de estos electrones absorbe la energía deun fotón (hν) el electrón se eleva a un nivel energético superior, se dice que la molécula que ha absorbido el fotón seencuentra en **estado excitado** que en general es inestable. Los electrones elevados a orbitales de energía superior tienden a volver a sus orbitales normales de menor energía; la molécula excitada regresa a su estado basal, liberando la energía en forma de luz, calor o ser utilizada en realizar trabajo químico.

Los pigmentos fotosintéticos se localizan en las membranas de los tilacoides, asociados a proteínas y lípidos, en agrupamientos denominados fotosistemas. Los pigmentos más importantes de estos fotosistemas son las clorofilas de las cuales existen diferentes tipos: la clorofila a, que colecta energía luminosa y está involucrada en la [transformación](http://www.curtisbiologia.com/glossary/term/1067) de energía lumínica en química; la clorofila b, presente en las plantas y las algas verdes, y la clorofila c de las algas marrones., además de estos existen pigmentos secundarios, los carotenoides como β-caroteno de color rojo, xantofilas de color amarillo, entre otros. Los pigmentos accesorios absorben luz de longitud de onda diferente a las clorofilas.

  La correspondencia entre el [espectro de absorción](http://www.curtisbiologia.com/glossary/term/384) de las clorofilas a y b y el espectro de absorción de la fotosíntesis indica una estrecha relación entre ésta y aquéllas (en ambos casos se observan dos picos, uno en la zona del rojo y otro en la del azul).

En los organismos que realizan la fotosíntesis oxigénica (la cual es propia de las plantas superiores,las algas y las cianobacterias, en las que el dador de electrones es el agua y, consecuentemente, se desprende oxígeno), los pigmentos fotosintéticos se encuentran como ya lo mencionamos, en los cloroplastos, específicamente en las membranas de los tilacoides . Existen dos agrupaciones de pigmentos fotosintéticos con proteínas:

**fotosistema I (FS I) y fotosistema II (FS Il).** Cada fotosistema está formado por una antena con aproximadamente 300 moléculas de pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofila a, clorofila b y carotenos, y por un centro de reacción

El **centro de reacción** está constituido por tres moléculas:

1. Una molécula de clorofila especial, llamada **clorofila** **diana,** a la que llegan los electrones excitados en la antena, y que después son enviados al aceptor primario de electrones.

2. Una molécula denominada **aceptor primario de electrones,** que transfiere los electrones fuera del fotosistema.

3. y por ultimo una molécula llamada **dador primario de electrones,** que cede electrones a la molécula diana.

La excitación de un pigmento fotosintético u otro depende de la longitud de onda de la luz . Los electrones se transfieren siempre hacia los pigmentos que absorben a mayor longitud de onda, **hasta llegar a la molécula diana.**

a) El **fotosistema I** capta la luz cuya longitud de onda sea menor o igual a 700 nm. Su antena esta compuesta, en las plantas superiores, por clorofila a (que absorbe a 683 nm), clorofila b (que absorbe a 660 nm) y por carotenos (que absorben a 440 nm). La molécula diana es la **clorofila a1,** que absorbe a 700 nm., a esta clorofila también se le denomina molécula **P700**. El aceptor primario de electrones del FS I es una molécula no muy bien conocida, denominada **aceptor X,** y el dador primario es la **plastocianina (PC)**

b) El **fotosistema II** capta la luz cuya longitud de onda sea menor o igual a 680 nm. En las plantas superiores, su antena está compuesta por clorofila a, clorofila b que se encuentran en mayor proporción que en el FSI y por xantofilas. La molécula diana es la **clorofila aII o P680,** que absorbe a 680 nm.

El aceptor primario es denominado **aceptor Q,** y probablemente es una plastoquinona. El dador primario se denomina **dador Z**. Ninguno se los dos son bien conocidos.

En esta fase inicial denominada fase luminosa puede presentarse en dos formas con **transporte acíclico de electrones** o con **transporte cíclico de electrones.** En la modalidad acíclica intervienen los dos fotosistemas y en la ciclica, solamente el fotosistema I.

10.- ¿Cómo se produce el oxígeno?

Como mencionamos anteriormente la fotosíntesis es un proceso que se desarrolla en dos etapas:

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.biologia.edu.ar/_themes/biologia/indbul2a.gif | La etapa clara donde se requiere de energía lumínica para fabricar ATP y moléculas portadoras de energía NADPH reducido, que serán usadas en la segunda etapa algunas veces llamada |
| http://www.biologia.edu.ar/_themes/biologia/indbul2a.gif | Etapa oscura o Ciclo de Calvin- Benson, esta etapa, como lo señala su nombre, es independiente de la luz. En esta parte de la fotosíntesis los productos de la primera etapa más CO2 son utilizados para formar los enlaces C-C de los carbohidratos y liberar oxígeno . Las reacciones de la etapa oscura generalmente ocurren en la oscuridad si los transportadores de energía provenientes de la etapa clara están presentes. Esta etapa ocurre en las estructuras de plantas terrestres llamadas [estomas](http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/#estoma) que se encuentran en los cloroplatos de las  hojas y cuya función es regular la entrada y salida del gas.  6 CO2+  12 H2O -->> C6H12O6  + 6 O2  El ciclo de Calvin comienza con la unión del CO2 a una molécula de cinco carbonos llamada ribulosa bifosfato que luego se divide en dos moléculas de tres carbonos (fosfoglicerato). Cada seis vueltas del ciclo se introducen seis moléculas de CO2 y se producen dos moléculas de un [azúcar](http://www.curtisbiologia.com/glossary/term/117) de tres carbonos (gliceraldehído fosfato) que equivalen a un azúcar de seis carbonos.  De manera mas espécifica en cada "vuelta" completa del ciclo ingresa una molécula de CO2. A continuación se describirá el conjunto de seis ciclos que son el número necesario para elaborar dos moléculas de gliceraldehido, que equivalen a un azúcar de seis carbonos. Se combinan seis moléculas de ribulosa bifosfato (RuBP), un compuesto de cinco carbonos, con seis moléculas de CO2 y se producen seis moléculas de un intermediario inestable que pronto se escinde en doce moléculas de fosfoglicerato, un compuesto de tres carbonos. Estos últimos se reducen a doce moléculas de gliceraldehído fosfato. Diez de estas moléculas de tres carbonos se combinan y se regeneran para formar seis moléculas de cinco carbonos de ribulosa bifosfato (RuBP). Las dos moléculas "extra" de gliceraldehído fosfato representan la ganancia neta del ciclo de Calvin. Estas moléculas son el punto de partida de numerosas reacciones que pueden implicar, por ejemplo, la síntesis de glúcidos, [aminoácidos](http://www.curtisbiologia.com/glossary/term/63) y ácidos grasos. La energía que impulsa al ciclo de Calvin proviene del ATP y el NADPH producidos por las reacciones de captura de energía en la primera etapa de la fotosíntesis.  11.- ¿Qué diferencia existe entre la fotosíntesis que realiza un nopal y el maíz?  La diferencia entre la fotosíntesis en estas plantas (C4 y CAM) es debida a la situación del medio donde se encuentran lo cual modifica la forma de uso eficiente del agua frente a la asimilación de CO2.  Para comenzar a explicar esto, es necesario saber a qué al hablar de C4 y CAM hacemos referencia a dos rutas metabólicas que encontramos solamente en plantas vasculares. Ambas vías se caracterizan debido a que tienen mecanismos especializados para la concentración y trasporte de CO2 a los sitios de fijación por rubisco, esto mediante el uso de mayor cantidad de energía, obtenida del ATP, por cada unidad de CO2 fijado. Sin embargo, esto no significa que haya alguna diferencia en la eficiencia de Rubisco en comparación con la ruta metabólica C3 que es la que corresponde a la mayoría de plantas vasculares y fotosintéticas como las algas verdes las cuales en conjunto representan aproximadamente el 89 % de las especies de plantas estudiadas mientras que el 10 % pertenece a plantas CAM y el 1 % a plantas C4  Muy pocas son intermedias entre C3 y C4  El uso de mayor cantidad de energía en las vías C4 y CAM es provocado por la influencia de ciertos ambientes y la relación entre el Co2 fijado y el agua transpirada también llamada Eficiencia en el Uso del Agua (EUA), esto lo podemos ejemplificar con las plantas C3 que por cada molécula de CO2 que entra a los estromas se pierden, mediante los mismos, aproximadamente 100 moléculas de agua estando en un medio con condiciones favorables.  En lugares con aporte de agua constante esto no representa un problema pero sí lo es en regiones con clima árido y semiárido  Cuando determinadas condiciones desfavorecen el balance entre el Co2 ganado y el agua perdida como por ejemplo:   * Temperaturas elevadas * Limitado aporte de agua por el suelo * Conductividad eléctrica alta del agua del suelo   El resultado es un incremento en la restricción difusiva del agua con el cierre parcial o total del estoma, además de esto, dicho cierre tiene efectos negativos en la difusión del Co2, esto en conjunto daría como resultado un aumento en la actividad foto respiratoria de una planta C3. Estos efectos no se presentan en una planta C4, como el maíz, o una plata CAM como lo es el nopal. Las plantas C4 tampoco tienen ventajas significativas frente a las C3 en un ambiente con abundante co2 y la óptima humedad.  En ambientes con restricciones hídricas, como son zonas áridas y semiáridas, las plantas C4 y CAM tienen mayor Eficiencia en el uso del agua en comparación con las plantas C3. Los cambios bioquímicos que sufrieron estas plantas se relacionan con el aumento en la cantidad y eficiencia de acción de la anhidrasa carbónica (AC), la cual en las plantas C3 tiene poca importancia , asi como por la presencia de un sistema de bombeo del CO2 obtenido a través de la acción de la fosfoenolpiruvatocarboxilasa (PEPc) y ATPasas de la membrana  Para las plantas C4 el resultado de las modificaciones evolutivas es que el CO2 es fijado en dos compartimientos diferentes: en el mesófilo el CO2 es fijado como bicarbonato (HCO3­­­­­­­­-) por la AC para ser tomado después por la PEPc que incorpora el carbono en un ácido C4 como el acido oxal- acético. Este ácido C4 oxal-acético es después convertido en Acido málico o malato que es transportado hacia la vaina del haz vascular por la acción de acarreadores específicos ATP dependientes en donde es descarboxilado para liberar piruvato, NADPH y CO2 que es fijado por RUBISCO e incorporado en el ciclo de Calvin-Benson. Con la acción de este mecanismo de concentración y bombeo de CO2 hacia los sitios de fijación por RUBISCO la planta es capaz mantener tasas altas de asimilación de CO2 en presencia de baja concentración intercelular de dicho gas. A pesar de estas adaptaciones las plantas C4 dentro de las que se encuentran algunas gramíneas como los guisantes y las habas, no son más tolerantes a la falta de agua severa que las C3 ; esto es debido a que, el mecanismo C4 es una adaptación encaminada al uso eficiente del agua, no a la tolerancia al estrés hídrico.  Por su parte las plantas CAM, al contrario de las pantas C4, si muestran adaptaciones para tolerar estrés hídrico severo:   * Abundancia de tejidos o celular * Disminución drástica en la relación área/volumen de los Órganos fotosintéticos * Cierre estomático diurno que limita fuertemente la pérdida de agua combinado con apertura nocturna con lo cual se mantiene la ganancia de CO2   En las plantas CAM el resultado de las modificaciones evolutivas es que el CO2 es fijado en dos  etapas separadas temporalmente, más que físicamente como ocurre en las C4. Durante la noche la apertura de los estomas permite la entrada de CO2 que es fijado como bicarbonato (HCO3-) por la AC y es tomado por la PEPc que lo incorpora en ácidos C4 que se acumulan en las vacuolas. Durante el día los estomas cierran y los ácidos C4 son llevados al citoplasma, a través de un mecanismo aparentemente pasivo, en donde son descarboxilados. El CO2 liberado, que alcanza concentraciones internas muy altas, es fijado en los cloroplastos por RUBISCO para incorporarlo al ciclo de Calvin-Benson.  Aproximadamente la mitad de las plantas CAM conocidas son epífitas, esto quiere decir que son plantas que se fijan sobre otra sin ser parásitas, de zonas tropicales o subtropicales. En estos lugares es frecuente deficiencia severa de agua dada la inaccesibilidad de los recursos hídricos del suelo. Cuando no disponen de H2O el CO2 respiratorio es reciclado en condiciones de oscuridad con formación de ác. Málico como intermediario.. Bajo estas condiciones las plantas CAM son capaces de mantener una tasa de crecimiento pequeña sin comprometer la supervivencia. Por otro lado, bajo condiciones de no deficiencia en el aporte de agua las plantas CAM se encuentran entre las más productivas conocidas, como es el caso de la piña y las cactáceas como el nopal.  Las plantas C4 y CAM presentan adaptaciones específicas para ambientes en donde la pérdida de agua acoplada a la ganancia de CO2 pueda comprometer la capacidad de crecimiento y reproducción o Incluso la supervivencia de la planta.   Las pérdidas de CO2 y H2O por la atmósfera son eliminadas, condición que sería fatal para las plantas normales C3. |